

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-21874

(P2000-21874A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード* (参考) |
|---------------------------|-------|----------------|-------------|
| H 0 1 L 21/316 | | H 0 1 L 21/316 | P 4 K 0 3 0 |
| C 2 3 C 16/40 | | C 2 3 C 16/40 | 5 F 0 4 5 |
| | 16/56 | 16/56 | 5 F 0 5 8 |
| H 0 1 L 21/31 | | H 0 1 L 21/31 | B |

審査請求 有 請求項の数13 F D (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-204502

(22) 出願日 平成10年7月3日 (1998.7.3)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 神力 博

山梨県韭崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京

エレクトロン株式会社総合研究所内

(72) 発明者 杉浦 正仁

山梨県韭崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京

エレクトロン株式会社総合研究所内

(74) 代理人 100090125

弁理士 浅井 章弘

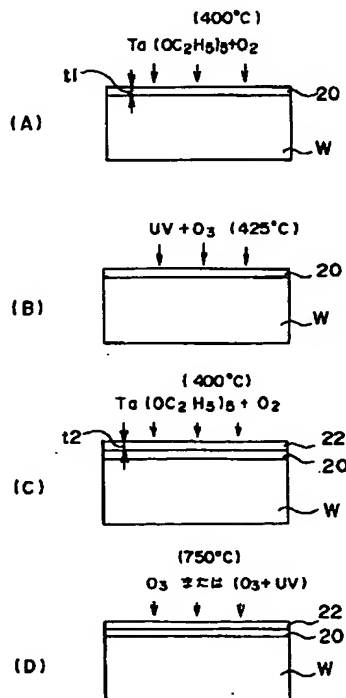
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属酸化膜の形成方法及び成膜処理システム

(57) 【要約】

【課題】 改質処理と結晶化処理を同一チャンバ内で連続的に行なうことができる金属酸化膜の形成方法を提供する。

【解決手段】 金属酸化膜の形成方法において、被処理体Wの表面に気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の雰囲気中にて非晶質状態の金属酸化膜を形成する金属酸化膜形成工程と、前記金属酸化膜が形成された被処理体を活性酸素雰囲気下にて前記金属酸化膜の結晶化温度以下の状態に所定の時間維持して改質を行った後に結晶化温度以上に昇温することにより前記金属酸化膜に含まれる有機不純物を脱離させつつ前記金属酸化膜を結晶化させる結晶化工程とを有するように構成する。これにより、改質処理と結晶化処理を同一チャンバ内で連続的に行なう。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理体の表面に気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の雰囲気中にて非晶質状態の金属酸化膜を形成する金属酸化膜形成工程と、前記金属酸化膜が形成された被処理体を活性酸素雰囲気下にて前記金属酸化膜の結晶化温度以下の状態に所定の時間維持して改質を行った後に結晶化温度以上に昇温することにより前記金属酸化膜中に含まれる有機不純物を脱離させつつ前記金属酸化膜を結晶化させる結晶化工程とを有することを特徴とする金属酸化膜の形成方法。

【請求項 2】 被処理体の表面に気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の雰囲気中にて非晶質状態の第 1 層目の金属酸化膜を形成する第 1 の金属酸化膜形成工程と、前記金属酸化膜が形成された被処理体を活性酸素雰囲気中に晒すことによって前記金属酸化膜を改質する改質工程と、改質処理後の前記被処理体の表面に気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の雰囲気中にて非晶質状態の第 2 層目の金属酸化膜を形成する第 2 の金属酸化膜形成工程と、前記第 2 層目の金属酸化膜が形成された被処理体を活性酸素雰囲気下にて前記金属酸化膜の結晶化温度以下の状態に所定の時間維持して改質を行った後に結晶化温度以上に昇温することにより前記第 2 層目の金属酸化膜中に含まれる有機不純物を脱離させつつ前記各金属酸化膜を結晶化させる結晶化工程とを有することを特徴とする金属酸化膜の形成方法。

【請求項 3】 前記改質処理時或いは／及び結晶化処理時には前記被処理体の表面に紫外線を照射することを特徴とする請求項 2 記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項 4】 前記結晶化工程は、熱処理装置内を前記金属酸化膜の結晶化温度以下に維持した状態で前記被処理体を導入し、所定の時間だけ前記結晶化温度以下の状態を維持して改質を行って、その後、前記熱処理装置内を急速に結晶化温度以上に昇温することにより行なうことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項 5】 前記金属酸化膜原料は、金属アルコキシドであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項 6】 前記金属酸化膜は、酸化タンタルよりなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項 7】 前記活性酸素原子は、オゾンによって形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項 8】 前記改質工程のプロセス温度は、600℃以下であり、前記結晶化工程の最終プロセス温度は700℃以上であることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項 9】 前記酸化性ガスは、 O_2 、 O_3 、 N_2 、 O 、 NO 及び気化状態のアルコールの内、少なくともい

ずれか 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項 10】 被処理体に対して気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の雰囲気中にて非晶質状態の金属酸化膜を形成する少なくとも 1 つの成膜装置と、前記成膜後の被処理体に活性酸素原子を晒すことによって前記金属酸化膜を改質する改質装置と、前記金属酸化膜が形成された被処理体を活性酸素雰囲気下にて前記金属酸化膜の結晶化温度以下に所定の時間だけ維持して改質を行った後に結晶化温度以上に昇温することにより前記被処理体に形成されている金属酸化膜に含まれる有機不純物を脱離させつつ前記被処理体に形成されている全ての金属酸化膜を結晶化させる結晶化熱処理装置と、前記被処理体を移載するために前記成膜装置と前記改質装置と前記結晶化熱処理装置とに共通に連結されて真空引き可能になされた共通搬送装置とを備えたことを特徴とするクラスタツール装置。

【請求項 11】 前記酸化性ガスは、 O_2 、 O_3 、 N_2 、 O 、 NO 及び気化状態のアルコールの内、少なくともい

ずれか 1 つを含むことを特徴とする請求項 10 記載のクラスタツール装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば酸化タンタル等の絶縁膜に適する金属酸化膜の形成方法及びクラスタツール装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、半導体デバイスを製造するには、半導体ウエハに成膜処理やパターンエッチング処理を繰り返し行なって所望のデバイスを製造するが、中でも成膜技術は半導体デバイスが高密度化、多層化及び高集積化するに伴ってその仕様が年々厳しくなっており、例えばデバイス中のキャパシタの絶縁膜やゲート絶縁膜のように非常に薄い酸化膜などに対して更なる薄膜化が要求され、これと同時に更に高い絶縁性が要求されている。

【0003】 これらの絶縁膜としては、シリコン酸化膜やシリコンナイトライド膜等を用いることができるが、最近にあっては、より絶縁特性の良好な材料として、金属酸化膜、例えば酸化タンタル (Ta_2O_5) 等が用いられる傾向にある。この金属酸化膜は、薄くても信頼性の高い絶縁性を発揮するが、この金属酸化膜の成膜後に、この表面の改質処理を施すことにより、更に絶縁性を向上させることができることが発見され、特開平 2-283022 号公報にその技術が開示されている。

【0004】 この金属酸化膜を形成するには、例えば酸化タンタルを形成する場合を例にとって説明すると、上記公報に開示されているように成膜用の原料として、タンタルの有機化合物である金属アルコキシド ($Ta(O-C_2H_5)_5$) を用い、これを窒素ガス等でバブリング

しながら供給して半導体ウエハを例えば400℃程度のプロセス温度に維持し、真空雰囲気下でCVD (Chemical Vapor Deposition) により酸化タンタル膜 (Ta_2O_5) を積層させている。そして、必要に応じて更なる絶縁特性の向上を図る場合には、この半導体ウエハを、オゾンを含む雰囲気中に搬入し、大気圧下でこれに水銀ランプから紫外線を照射することにより活性酸素原子を発生させ、この活性酸素原子を用いて上記金属酸化膜中に含まれるC-C結合等の有機不純物を分解して脱離することによって上記酸化タンタル膜を改質し、これにより一層、特性の良好な絶縁膜を得ている。

【0005】例えば図7は絶縁膜の金属酸化膜として金属タンタルを成膜する従来方法の一例を示しており、まず、成膜装置内において金属酸化膜原料として有機化合物である気化状態の金属アルコキシドと気化状態のアルコールを供給してこの真空雰囲気中にて半導体ウエハWを成膜処理することにより金属酸化膜として所定の厚みの酸化タンタル層 (Ta_2O_5) 2を成膜する。この時のプロセス温度は、例えば400℃程度で行なう。

【0006】次に、のウエハを改質装置に搬送して図7(B)に示すように、オゾン (O_3) の雰囲気下において紫外線ランプによりウエハ表面に紫外線UVを照射することにより、酸化タンタル層2に含まれる有機不純物のC-C結合やヒドロカーボン等を紫外線のエネルギーや活性酸素原子により切断してこれを脱離させ、酸化タンタル層の改質を行なう。この改質処理のプロセス温度は、酸化タンタルの非晶質状態 (アモルファス状態) を維持するようにこの結晶化温度以下の温度、例えば425℃程度で行なう。このように改質処理が終了したならば、次にこのウエハを熱処理装置に搬送し、酸素ガスの存在下において酸化タンタル層2の結晶化温度以上、例えば700℃に加熱し、この酸化タンタル層2を結晶化させる。この結晶化アニールにより、酸化タンタル層2は分子レベルで緻密化されて、且つ面内膜厚も均一化させることができ、絶縁特性の良好な絶縁膜を得ることが可能となる。

【0007】ところで、上記改質処理時における有機不純物の脱離は、紫外線の金属酸化膜の厚さ方向への透過量やオゾンの浸入の程度を考慮すると、金属酸化膜が薄い程、効果的に改質を行なうことができるので、成膜処理と改質処理を2回繰り返して行なって、最後に結晶化処理を行うことによって、個々の改質処理を効果的に行ない、これにより更に絶縁性を向上させるようにした技術が、例えば特開平9-121035号公報に開示されている。図8はこの時の従来の成膜方法の一例を示している。まず、図8(A)に示すように成膜温度を略400℃とし、金属アルコキシドとアルコール雰囲気の下にて図7(A)で示したと同様に酸化タンタル2Aを成膜し、次に、図8(B)に示すようにオゾンの存在下に

て紫外線UVを照射することにより酸化タンタル層2Aの改質を行なう。次に、図8(C)に示すように図8(A)と同様なプロセス条件で2層目の酸化タンタル層2Bを成膜し、次に、図8(D)に示すように図8(B)と同様なプロセス条件で2層目の酸化タンタル層2Bの改質を行なう。

【0008】この時、1層目と2層目の酸化タンタル層2A、2Bの厚みの合計が図7中の酸化タンタル層2の略厚みと同じになるようにそれぞれの膜厚が設定されるので、各酸化タンタル層2A、2Bの厚みは、図7に示す酸化タンタル層2の厚みよりも薄くなる。その結果、膜厚が薄くなった分だけ個々の改質処理時において効果的に有機不純物を脱離させることができるので、酸化タンタル層2A、2Bの絶縁性を一層、向上させることが可能となる。そして、改質処理されたウエハは、図8(E)に示すように、先の図7(C)にて説明したと同様なプロセス条件で熱処理を行ない、ここで1層目と2層目の酸化タンタル層2A、2Bを同時に結晶化処理する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般的に所定の一連のプロセスを行なって一定の結果物を得る場合には、当然のこととして工程数が少ない方が製品コストも削減できるし、また、工程が少なくなった分だけ設備コストを削減したり、スループットも向上させることが可能となる。しかるに、上述したような従来の成膜方法にあっては、図7(B)と図7(C)の各工程及び図8(D)と図8(E)の各工程のようになりかなり類似する工程同士でも別の熱処理装置で行なうようにしていることから、全体の工程数が多くなり、製品コストの上昇やスループットの低下をもたらす結果となっていた。本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、改質処理と結晶化処理を同一チャンバ内で連続的に行なうことができる金属酸化膜の形成方法及びクラスツール装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に規定する発明は、被処理体の表面に気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の雰囲気中にて非晶質状態の金属酸化膜を形成する金属酸化膜形成工程と、前記金属酸化膜が形成された被処理体を活性酸素雰囲気下にて前記金属酸化膜の結晶化温度以下の状態に所定の時間維持して改質を行った後に結晶化温度以上に昇温することにより前記金属酸化膜中に含まれる有機不純物を脱離させつつ前記金属酸化膜を結晶化させる結晶化工程とを有する金属酸化膜の形成方法である。

【0011】これにより、金属酸化膜の成膜後に、直接、活性酸素雰囲気下にて結晶化工程を行なうようにしたので、ここで最上層に形成されている金属酸化膜の改

質処理を行ないつつ、金属酸化膜全体の結晶化処理を同一チャンバ内で連続的に行なうことができる。従って、従来方法の工程数と比較して1工程だけ少なくすることが可能となる。請求項2に規定する発明は、被処理体の表面に気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の雰囲気中にて非晶質状態の第1層目の金属酸化膜を形成する第1の金属酸化膜形成工程と、前記金属酸化膜が形成された被処理体を活性酸素雰囲気中に晒すことによって前記金属酸化膜を改質する改質工程と、改質処理後の前記被処理体の表面に気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の雰囲気中にて非晶質状態の第2層目の金属酸化膜を形成する第2の金属酸化膜形成工程と、前記第2層目の金属酸化膜が形成された被処理体を活性酸素雰囲気下にて前記金属酸化膜の結晶化温度以下の状態に所定の時間維持して改質を行った後に結晶化温度以上に昇温することにより前記第2層目の金属酸化膜中に含まれる有機不純物を脱離させつつ前記各金属酸化膜を結晶化させる結晶化工程とを有する金属酸化膜の形成方法である。

【0012】これによれば、全体で2層の金属酸化膜が形成されることになり、最後の結晶化工程において最上層の金属酸化膜の改質処理と2層全体の金属酸化膜の結晶化処理が連続的に行なわれることになり、この場合にも、従来方法の工程数と比較して1工程だけ少なくすることが可能となる。請求項3に規定する発明は、前記改質処理時或いは／及び結晶化処理時には前記被処理体の表面に紫外線を照射するものである。これによれば、紫外線によるエネルギーも加わるので、金属酸化膜からの有機不純物の脱離を促進させることができ、効率的に処理を行なうことができる。

【0013】請求項4に規定する発明は、前記結晶化工程は、熱処理装置内を前記金属酸化膜の結晶化温度以下に維持した状態で前記被処理体を導入し、所定の時間だけ前記結晶化温度以下の状態を維持して改質を行って、その後、前記熱処理装置内を急速に結晶化温度以上に昇温するようにしたものである。これによれば、結晶化温度以上に加熱されている熱処理装置内へ被処理体を導入する場合と異なり、金属酸化膜が結晶化温度に達するまでにある程度の時間を要して、この間に有機不純物の脱離を効果的に行なうことができる。金属酸化膜原料としては、金属アルコキシドが用いられ、金属酸化膜としては例えば酸化タンタル層を形成する。また、活性酸素原子としては、オゾンを用いることができる。更に、金属酸化膜として酸化タンタルを適用する場合には、改質工程のプロセス温度は、例えば600℃以下であり、結晶化工程の最終プロセス温度は700℃以上である。

【0014】また、上記成膜方法を実施するためには、被処理体に対して気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の雰囲気中にて非晶質状態の金属酸化膜を形成する少なくとも1つの成膜装置と、前記成膜後の被処

理体に活性酸素原子を晒すことによって前記金属酸化膜を改質する改質装置と、前記金属酸化膜が形成された被処理体を活性酸素雰囲気下にて前記金属酸化膜の結晶化温度以下に所定の時間だけ維持して改質を行った後に結晶化温度以上に昇温することにより前記被処理体に形成されている金属酸化膜に含まれる有機不純物を脱離させつつ前記被処理体に形成されている全ての金属酸化膜を結晶化させる結晶化熱処理装置と、前記被処理体を移載するために前記成膜装置と前記改質装置と前記結晶化熱処理装置とに共通に連結されて真空引き可能になされた共通搬送装置とを備えたクラスタツール装置を用いることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に本発明に係るクラスタツール装置の一実施例を添付図面に基いて詳述する。図1は本発明に係るクラスタツール装置を示す概略斜視図である。図示するように、このクラスタツール装置3は、被処理体、例えば半導体ウエハWに対して気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の真空雰囲気中にて非晶質状態の金属酸化膜を形成する2台の成膜装置4、6と、この金属酸化膜を真空雰囲気下において活性酸素原子に晒すことによって改質する改質装置8と、活性酸素雰囲気下においてウエハを上記金属酸化膜の結晶温度以上に加熱することによって、これを結晶化させる結晶化熱処理装置10と、これらの各装置4、6、8、10間と共通に連結されて、真空状態を維持しつつ、各装置間にウエハを移載する共通搬送装置1とにより主に構成されている。更に、ここでは、ウエハの搬入・搬出効率を向上させるために、複数の半導体ウエハを収容可能なカセットCを収容して真空引き可能になされて上記共通搬送装置1に連結されたカセット収容室14A、14Bを有しており、いわゆるクラスタツール化されている。

【0016】共通搬送装置1の一侧には、それぞれゲートバルブG1、G2を介して第1のカセット収容室14A及び第2のカセット収容室14Bがそれぞれ接続されている。これらの両カセット収容室14A、14Bは、この装置全体のウエハ搬入搬出ポートを構成するものであり、それぞれ昇降及び旋回自在なカセットステージ（図示せず）を備えている。共通搬送装置1及び両カセット収容室14A、14Bは、それぞれ気密構造に構成され、両カセット収容室14A、14Bには、外部の作業室雰囲気との間を開閉して大気開放可能にそれぞれゲートドアG3、G4が設けられ、開放されたゲートドアG3、G4を介してカセットCが搬出入される。

【0017】共通搬送装置1内の移載用アーム機構16は、屈伸及び旋回可能になされた多関節アームよりなり、両カセット収容室14A、14Bと各成膜装置4、6、改質装置8及び結晶化熱処理装置10との間でウエハを移載するものである。そして、この共通搬送装置1には、ゲートバルブG5、G6、G7、G8を介してそ

れぞれ成膜装置 4、改質装置 6、8、結晶化熱処理装置 10 及び成膜装置 6 が連結されている。以上説明した上記各装置 4、6、8、10、12 及びカセット収容室 14 A、14 B には、内部に不活性ガス、例えば N_2 ガスをパージする N_2 ガス供給系（図示せず）及び内部の雰囲気真空引きするための真空排気系（図示せず）がそれぞれ接続されており、独立して制御可能になされている。

【0018】上記成膜装置 4 や改質装置 8 は、本発明者が先の出願（特開平 10-79377 号公報）にて開示したものを用いればよく、また、結晶化熱処理装置 10 は結晶化処理が改質処理と温度領域が異なるだけなので、改質装置と略同じものを用いればよい。上記各成膜装置 4、6 は、ウエハ表面に非晶質状態の金属酸化膜として、例えば酸化タンタル（ Ta_2O_5 ）層を CVD により成膜するものであり、金属酸化膜原料として有機化合物である液状の金属アルコキシド、例えば $Ta(OC_2H_5)_5$ を例えば He ガスでバブリングして供給し、この供給ガスと酸化性ガスである O_2 等との混合ガス雰囲気下にて CVD 成膜反応を行なう。尚、同じ構造の成膜装置を 2 台設けた理由は、スループットを向上させるためである。また、酸化性ガスとしては、 O_2 の他に、 O_3 、 N_2O 、 NO 、気化状態のアルコール等を用いることができる。

【0019】改質装置 8 は、加熱ヒータ内蔵の載置台上に設置したウエハ表面を活性酸素原子に晒し、ウエハ表面に形成されている金属酸化膜を改質する。活性酸素原子としてはオゾン（ O_3 ）を外より導入したり、内部で発生させたりすればよい。また、 N_2O ガスを用いて活性酸素原子を発生させてもよい。この場合、装置の天井部などに紫外線照射手段 18 を設けており、この紫外線エネルギーも利用して金属酸化膜中に存在する $C-C$ 結合やヒドロカーボン等の有機不純物を分解し、これを脱離させる。この改質処理は、後述するように、有機不純物の脱離を完全ならしめるために金属酸化膜の結晶化温度以下の温度で行なう。

【0020】結晶化熱処理装置 10 は、上記改質装置 8 と類似した構造のものであり、必要に応じて紫外線照射手段 8 を設けるようにしてもよく、設けないようにしてもよい。ここでは、活性酸素原子の存在下においてウエハを金属酸化膜の結晶化温度以下から結晶化温度以上まで昇温することにより、ウエハの最上層に形成されている金属酸化膜の改質処理とウエハに成膜された全ての金属酸化膜の結晶化処理とを略同時に行なうものである。ウエハを結晶化温度以上の高い温度まで昇温するので、上記改質装置 8 より強力な加熱ヒータを用いるのがよい。また、活性酸素原子としてはオゾン（ O_3 ）を外より導入したり、内部で発生させたりすればよい。

【0021】次に、以上のように構成されたクラスタツール装置を用いて行なわれる本発明の成膜方法について

説明する。ここでは、絶縁膜として薄い金属酸化膜を 2 回（2 層）成膜する場合を例にとって説明する。まず、半導体ウエハ W の全体的な流れについて説明する。ウエハのサイズは、例えば 8 インチのものを用い、未処理のウエハ W を例えば 25 枚収容したカセット C を第 1 のカセット収容室 14 A 内のカセットステージ（図示せず）上に載置し、続いてゲートドア G 3 を閉じてこの室内を N_2 ガスの不活性ガス雰囲気にすると共に、この収容室 14 内を真空引きする。

【0022】次に、ゲートバルブ G 1 を開き、カセット収容室 14 A 内を予め真空引きされて不活性ガス雰囲気になされた共通搬送装置 1 内と連通し、この装置 12 内の移載用アーム機構 16 を用いてウエハ W を搬入する。次に、ゲートバルブ G 5 を介して、このウエハ W を予め真空引きされている一方の成膜装置 4 内へ搬入し、ここで金属酸化膜として例えば酸化タンタル（ Ta_2O_5 ）層を成膜する。このように第 1 の金属酸化膜形成工程を終了したならば、このウエハ W を真空状態に維持されている共通搬送装置 1 内に移載用アーム機構 16 を用いて取り出し、次に、開かれたゲートバルブ G 6 を介してこのウエハ W を予め真空状態になされている改質装置 8 内へ搬入し、ここで、紫外線照射手段 18 から発せられる紫外線やオゾンを用いてウエハ表面の上記酸化タンタル層中に含まれるヒドロカーボンや $C-C$ 結合などの有機不純物を脱離させ、改質処理を行なう。このように改質処理が終了したならば、このウエハ W を真空状態に維持されている共通搬送装置 1 内に移載用アーム機構 16 を用いて取り出し、次に、開かれたゲートバルブ G 8 を介してこのウエハ W を予め真空状態に維持されている第 2 の成膜装置 6 内へ搬入し、ここで先の第 1 の成膜装置 4 内での成膜処理と同じ条件で、第 2 層目の酸化タンタル層の成膜処理を行なう。

【0023】このように第 2 の金属酸化膜成膜工程を終了したならば、このウエハ W を真空状態に維持されている共通搬送装置 1 内に移載用アーム機構 16 を用いて取り出し、次に開かれたゲートバルブ G 7 を介してこのウエハ W を予め真空状態になされている結晶化熱処理装置 10 内へ搬入する。そして、ここでオゾンの雰囲気下においてウエハ W を、金属酸化膜、すなわちここでは酸化タンタル層の結晶化温度以上まで昇温した後、直ちに降温させることにより、2 層目である最上層の酸化タンタル層の改質処理を行なうと略同時に、1 層目及び 2 層目の両酸化タンタル層を結晶化する。このように、結晶化工程を終了したならば、この処理済みのウエハ W を共通搬送装置 1 内に取り出し、そして、これを第 2 のカセット収容室 14 B 内のカセット C 内に収容することになる。

【0024】次に、上記各工程について図 2 を参照して説明する。まず、図 2 (A) に示すように第 1 の成膜装置 4 内でウエハ W 上に金属酸化膜として第 1 の酸化タン

タル層20を所定の厚みで形成する。この時の原料ガスは液状の金属アルコキシドであるTa(OC₂H₅)₅をHeガスでパブリングすることにより供給し、これと同時にO₂などの酸化性ガスを供給する。金属アルコキシドの供給量は、成膜レートにもよるが、例えば数mg/min程度であり、成膜のプロセス圧力は0.2~0.3 Torr程度、プロセス温度は250~450℃の範囲内、例えば400℃に設定し、例えば厚さt₁が45~50 Å程度の酸化タンタル層20を成膜する。この場合、原料として有機物を使用しているため酸化タンタル層20中に有機不純物が混入することは避けられず、また、酸化タンタル層20は、非晶質状態となっており、これにより第1の金属酸化膜形成工程を終了する。

【0025】次に、このウエハWに対して改質装置8内にて改質処理を施す。この改質工程においては、図2

(B)に示すように活性酸素原子として例えばオゾンを提供し、更に紫外線照射手段18から多量の紫外線を照射する。これにより、オゾンは紫外線の照射により励起されて更に、多量の活性酸素原子を発生し、これがウエハ表面に形成されている第1層目の酸化タンタル層20中の有機不純物を酸化し、これと同時に、紫外線のエネルギーにより有機不純物のC-C結合等を切断して分解させ、この結果、有機不純物を略完全に脱離させることができる。この時、紫外線としては波長が185nm、254nmを主体とする紫外線を多量に照射し、プロセス圧力は1~600 Torr程度の範囲内、プロセス温度は酸化タンタル層20の結晶化温度である600℃以下とし、例えば320~600℃の範囲内の425℃程度に設定する。プロセス温度が320℃より小さな場合は、絶縁耐圧が十分でなく、600℃を越えると結晶化が始まって十分な改質を行なうことができない。また、改質時間は膜厚にもよるが、10分以上行なうのが好ましい。

【0026】尚、酸化タンタル層20の厚さt₁が上記した厚みよりも薄い場合には、紫外線照射を行なうことなくオゾンのみで供給で改質処理を行なってもよい。このようにして改質工程が終了したならば、第2の金属酸化膜形成工程へ移行し、第2の成膜装置6内にてこのウエハWに対して第2の成膜処理を施す。この成膜工程においては、図2(C)に示すように金属酸化膜として非晶質状態の第2層目の酸化タンタル層22を成膜する。この時の成膜条件は、先に行われた第1の金属酸化膜形成工程の場合と、原料ガス、その流量、プロセス圧力、プロセス温度等は全く同じに設定し、また、膜厚t₂もt₁と同じ、例えば35~50 Å程度に設定する。このようにして第2の金属酸化膜工程が終了したならば、ウエハWを結晶化熱処理装置10へ搬入し、結晶化工程へ移行する。

【0027】この結晶化工程においては、図2(D)に

示すように活性酸素原子として先の改質工程と同様に例えばオゾンを提供し、プロセス圧力を1~600 Torr程度の範囲内に設定する。また、最終的なプロセス温度は金属酸化膜である酸化タンタル層の結晶化温度以上、すなわち700℃以上になるように設定する。すなわち、ウエハWの搬入時には、装置10内の温度を酸化タンタル層の結晶化温度(600℃)以下の改質温度に設定しておき、ウエハ搬入後、所定の時間だけこの改質温度を維持し、その後、これを急速に昇温して結晶化温度である700℃以上まで昇温する。

【0028】これにより、最上層の金属酸化膜である第2の酸化タンタル層22は結晶化温度まで達する間に改質処理され、結晶化温度である700℃以上に達すると全ての酸化タンタル層、すなわち第1及び第2の酸化タンタル層20、22が共に結晶化されることになる。すなわち、この工程では、同一チャンバ内で最上層の金属酸化膜20の改質処理と全ての金属酸化膜20、22の結晶化処理を連続的に行うことが可能となる。この時のプロセス温度を図3を参照して更に詳しく説明すると、ウエハWの温度及び結晶化熱処理装置10内の温度が共に450℃程度の状態でウエハWをこの処理装置10内へ搬入すると、この温度状態を所定の時間、例えば2分程度維持して改質処理を行い、その後、直ちにこの装置内の加熱ヒータへの供給電力を増加してウエハWの温度を急激に上昇して、700℃以上、例えば750℃まで昇温する。この時、昇温速度は、例えば100℃/secである。

【0029】この時、600℃程度までの昇温の間は最上層の酸化タンタル層22に対して改質処理が施されることになる。そして、700℃を越えた温度領域では、全ての酸化タンタル層20、22の結晶化処理が行なわれることになる。尚、酸化タンタル層の改質温度の上限600℃と結晶化温度の700℃の間には100℃程度の幅が存在するが、この理由は結晶化はある一定の温度を境として瞬時に生ずるのではなく、一定の温度幅を持って徐々に進行して行くからである。従って、この600~700℃の間は、酸化タンタル層22の改質も行なわれると同時に、結晶化も徐々に開始されて、両処理が同時並行で進んで行くことになる。この場合、酸化タンタル層22の改質の時間T₁は、この層の厚さにもよるが、例えば厚みが45 Å程度の時には120 sec程度に設定する。これに対して、結晶化現象は略瞬時に生ずるので、温度700℃以上の時間T₂の長さは例えば60 sec程度に設定すればよい。また、結晶化温度は700~800℃の範囲が好ましく、800℃よりも高いと、酸化タンタル層の下地がより酸化されて、実効的な膜厚が増加しやすい。また、半導体デバイスへの熱的影響が大きく、特性が劣化する、という不都合が生ずる。処理後のウエハは、結晶化装置10内にN₂ガスページを行うと同時に、425℃程度まで降温し、圧力調

整した後にこの装置 10 から搬出される。

【0030】上記実施例では、図 2 (D) に示す結晶化工程においては、オゾンのみを用いて紫外線を照射しなかったが、この場合には、図 2 (B) に示す工程と同様に紫外線 UV を照射するようにして改質処理を促進させるようにしてもよい。紫外線 UV の照射を加えれば、最上層の酸化タンタル層 22 の改質処理を一層促進させることができるので、図 3 中の改質時間 T1 を短くできる。また、この図 2 (D) にて示した結晶化処理は、図 1 にて示した結晶化熱処理装置 10 ではなく、改質装置 8 内でも行なうことができ、この時には紫外線照射手段 18 のオン・オフを適宜に切り換えて使用すればよい。従って、図 2 に示すような一連の処理は、スループット等の作業性をあまり重視しなければ、成膜装置 4 と改質装置 8 とで行なうことも可能である。図 4 は、上記したような本発明方法で作製した酸化タンタル層 20、22 の絶縁膜と従来方法で作製した酸化タンタル層の絶縁膜の絶縁性を評価したグラフである。図中、直線 A は従来方法で作製した絶縁膜の特性を示し、直線 B は結晶化熱処理装置 10 内で紫外線なしでオゾンのみによって行った本発明方法で作製した絶縁膜の特性を示し、直線 C は結晶化熱処理装置 10 内で紫外線とオゾンを用いて行った本発明方法の変形例で作製した絶縁膜の特性を示す。これによれば、従来方法の絶縁膜も本発明方法の絶縁膜も略同じ絶縁耐圧特性を有しており、この結果、本発明方法のように従来方法に対して工程数を 1 つ減少させても従来と同様の特性を示すことが判明した。また、直線 C で示す本発明の変形例のように、オゾンと紫外線の双方を用いることにより、絶縁耐圧特性を一層向上させることができることが判明した。

【0031】また、図 2 に示す実施例では、両酸化タンタル層 20、22 の厚みを共に略 45～50 Å 程度の同じ膜厚に設定した場合を例にとって説明したが、図 5 に示すように下層の第 1 の酸化タンタル層 20 の厚み t1 を少し厚く、例えば 55～60 Å 程度に設定し、逆に上層の第 2 の酸化タンタル層 22 の厚み t2 を少し薄く、例えば 25～40 Å 程度に設定するようにしてもよい。この場合には、第 2 の酸化タンタル層 22 の膜厚が少し薄くなった分だけ改質が迅速に行なうことができるので、図 5 (D) に示す結晶化工程においては、特に紫外線を用いることなくオゾンのみで処理により薄い最上層の酸化タンタル層 22 を十分に、且つ短時間で改質することが可能となる。すなわち、図 3 中の改質時間 T1 をより短くすることができる。

【0032】また、ここでは酸化タンタル層が 2 層構造の場合を例にとって説明したが、図 6 に示すように酸化タンタル層 24 を一層構造としてもよい。この場合には、図 6 (A) に示すような所定の厚みの酸化タンタル層 24 の成膜後、図 6 (B) に示すように結晶化工程に移行して、図 2 (D) にて説明したように酸化タンタル

層 24 の改質処理と結晶化処理を略同時に行なう。この場合にも、酸化タンタル層 24 の厚みに依存して、オゾンのみを利用して処理を行なうか、或いはオゾンに紫外線照射を加えて処理を行なうかを選択すればよい。この場合にも、図 7 の従来方法と比較して、絶縁耐圧特性を同等に維持しつつ、工程数を 3 工程から 2 工程へ減少させることができる。尚、上記実施例では、金属酸化膜として酸化タンタル層を成膜する場合を例にとって説明したが、これに限定されず、酸化チタン層、酸化ジルコニウム層、酸化バリウム層、酸化ストロンチウム層を成膜する場合にも適用し得るのは勿論である。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の金属酸化膜の形成方法及びクラスツール装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。形成すべき金属酸化膜が 1 層構造の場合には、結晶化工程を行なう時に改質処理と結晶化処理とを同一チャンバ内で連続的に行なうようにしたので、絶縁特性を高く維持したまま全体の工程数を削減することができる。また、形成すべき金属酸化膜が 2 層構造の場合には、最上層の金属酸化膜の改質処理と、第 1 層目及び第 2 層目の全ての金属酸化膜の結晶化処理を同一チャンバ内で連続的に行なうようにしたので、絶縁特性を高くしたまま全体の工程数を削減することができる。特に、改質処理時や結晶化処理時に紫外線を照射することにより、表面の金属酸化膜の改質を迅速に行なうことができる。以上の結果、製品コストを削減でき、スループットも向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るクラスツール装置を示す概略斜視図である。

【図 2】本発明方法を説明するための工程図である。

【図 3】金属酸化膜の結晶化工程における温度変化を示すグラフである。

【図 4】酸化タンタル層の絶縁耐圧特性を示すグラフである。

【図 5】本発明方法の他の実施例を説明するための工程図である。

【図 6】本発明方法の更に他の実施例を説明するための工程図である。

【図 7】絶縁膜の金属酸化膜として金属タンタルを成膜する従来方法の一例を示す図である。

【図 8】絶縁膜の金属酸化膜として金属タンタルを成膜する従来方法の他の一例を示す図である。

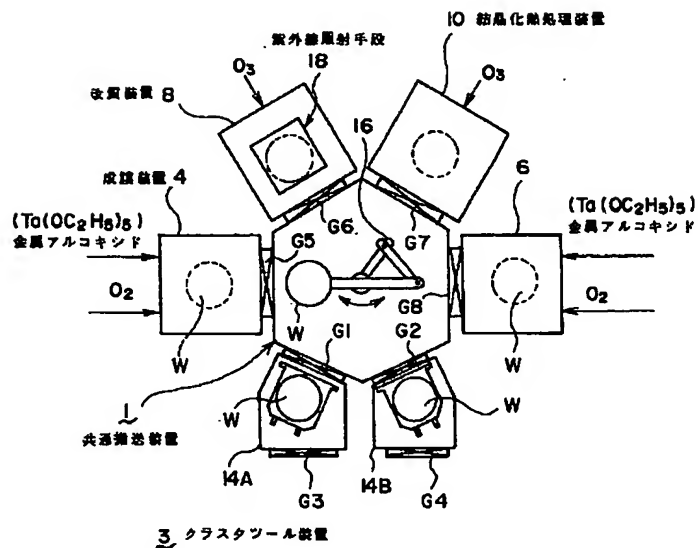
【符号の説明】

- 1 共通搬送装置
- 3 クラスターツール装置
- 4, 6 成膜装置
- 8 改質装置
- 10 結晶化熱処理装置

14A, 14B カセット収容室

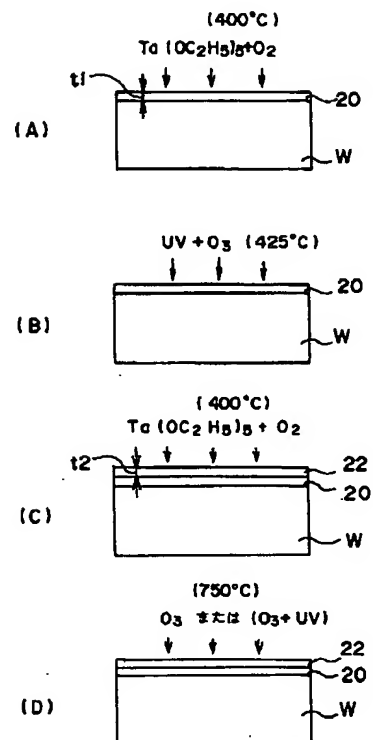
20, 22, 24 酸化タンタル層 (金属酸化膜)

【図1】

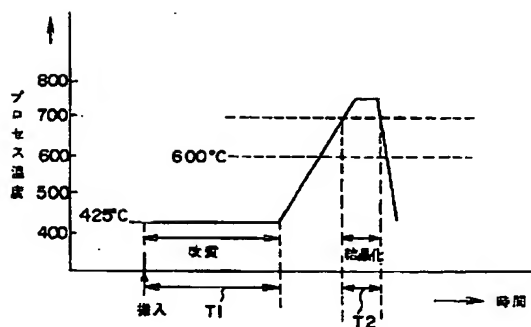


W 半導体ウエハ (被処理体)

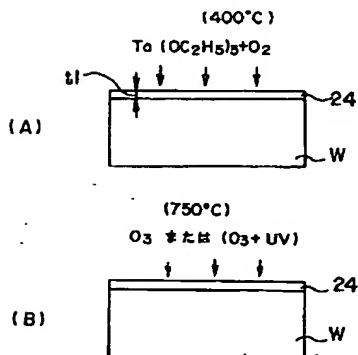
【図2】



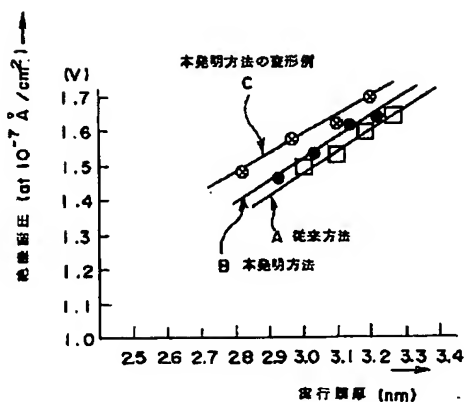
【図3】



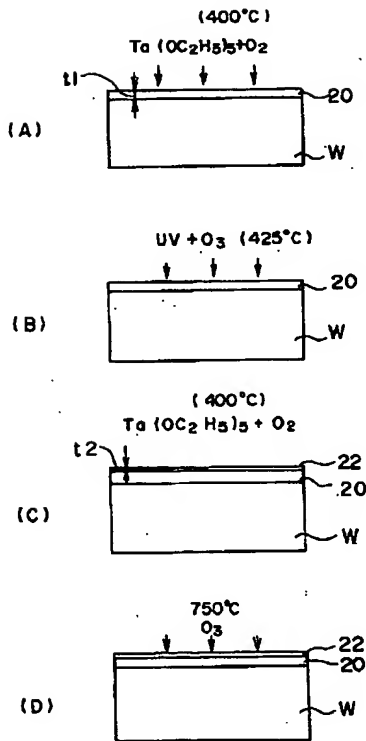
【図6】



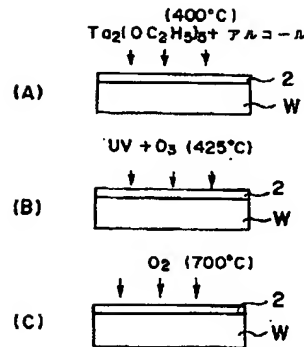
【図4】



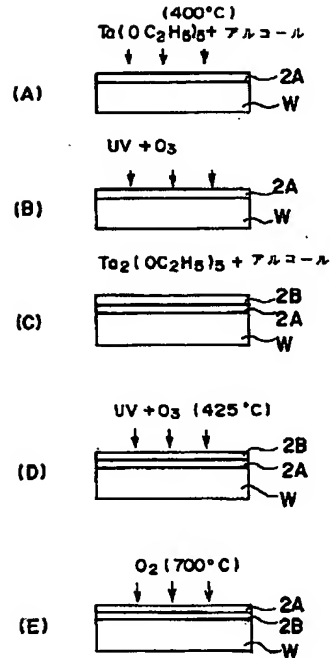
【図 5】



【図 7】



【図 8】



【手続補正書】

【提出日】平成11年10月8日（1999. 10. 8）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】金属酸化膜の形成方法及び成膜処理システム

【特許請求の範囲】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一つの成膜装置と、熱処理装置と、この成膜装置と熱処理装置との間で被処理体を真空雰囲気下で搬送可能に構成された搬送装置とを備えた処理システムにおいて、被処理体に金属酸化膜を形成する方法であって、所定の真空雰囲気下の前記成膜装置内で被処理体上に金属酸化膜を成膜する工程と、所定の真空雰囲気下の前記熱処理装置内で前記成膜された金属酸化膜に熱処理する工程と、を備えたことを特徴とする金属酸化膜の形成方法。

【請求項2】 前記熱処理工程は、第1の温度で熱処理

する第1熱処理工程と、更に第1の温度よりも高い第2の温度で熱処理する第2熱処理工程と、を備えたことを特徴とする請求項1記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項3】 少なくとも一つの成膜装置と、第1の熱処理装置と、第2の熱処理装置と、被処理体を真空雰囲気下で、前記いずれかの装置間を搬送可能に構成された搬送装置と、を備えた処理システムにおいて、被処理体に金属酸化膜を形成する方法であって、所定の真空雰囲気下の前記成膜装置内で被処理体上に金属酸化膜を成膜する工程と、所定の真空雰囲気下の前記第1の熱処理装置内で前記成膜された金属酸化膜に第1の温度で熱処理する第1熱処理工程と、前記第2の熱処理装置内で前記成膜された金属酸化膜に第1の温度よりも高い第2の温度で熱処理する第2熱処理工程と、を備えたことを特徴とする金属酸化膜の形成方法。

【請求項4】 少なくとも一つの成膜装置と、この成膜装置と熱処理装置との間で被処理体を真空雰囲気下で搬送可能に構成された搬送装置とを備えた処理システムにおいて、被処理体に金属酸化膜を形成する方法であって、所定の真空雰囲気下の前記成膜装置内で被処理体上に第1の金属酸化膜を成膜する工程と、所定の真空雰囲気下の前記熱処理装置内で前記成膜された第1の金属

化膜に熱処理する第1熱処理工程と、所定の真空雰囲気下の前記成膜装置内で前記第1の金属酸化膜上に第2の金属酸化膜を成膜する工程と、所定の真空雰囲気下の前記熱処理装置内で前記成膜された第1及び又は第2の金属酸化膜に熱処理する第2熱処理工程と、を備えたことを特徴とする金属酸化膜の形成方法。

【請求項5】 前記第1の金属酸化膜の厚み t_1 と、前記第2の金属酸化膜 t_2 との関係が、 $t_1 > t_2$ となることを特徴とする請求項4記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項6】 前記第1熱処理工程或いは及び前記第2熱処理工程では前記被処理体の表面に紫外線を照射することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項7】 前記第2熱処理工程は、前記第1熱処理工程と略同じ温度で所定時間熱処理した後、更に高い温度で所定時間熱処理を行なうことを特徴とする請求項4乃至6のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項8】 前記金属酸化膜の原料は、金属アルコキシドであることを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項9】 前記金属酸化膜は、酸化タンタルよりなることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項10】 前記第2熱処理工程では、活性酸素原子が用いられ、該活性酸素原子は、オゾンによって形成されることを特徴とする請求項2乃至9のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項11】 前記第1熱処理工程のプロセス温度は、600℃以下であり、前記第2熱処理工程の最終プロセス温度は700℃以上であることを特徴とする請求項2乃至10のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項12】 前記成膜工程では、酸化性ガスが用いられ、該酸化性ガスは、 O_2 、 O_3 、 N_2O 、 NO 及び気化状態のアルコールの内、少なくともいずれか1つを含むことを特徴とする請求項1乃至11のいずれかに記載の金属酸化膜の形成方法。

【請求項13】 被処理体に所定の真空雰囲気下で金属酸化膜を成膜可能に構成された、少なくとも一つの成膜装置と、前記成膜装置で成膜された金属酸化膜に対し、所定の真空雰囲気下で、第1の温度にて熱処理可能に構成された第1の熱処理装置と、更に、前記金属酸化膜に対し、所定の真空雰囲気下で、第1の温度よりも高い第2の温度にて熱処理可能に構成された第2の熱処理装置と、前記いずれかの装置間において、前記被処理体を所定の真空雰囲気下で搬送可能に構成された搬送装置と、を備えたことを特徴とする金属酸化膜の成膜処理システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば酸化タンタル等の絶縁膜に適する金属酸化膜の形成方法及び成膜処理システムに関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、半導体デバイスを製造するには、半導体ウエハに成膜処理やパターンエッチング処理を繰り返し行なって所望のデバイスを製造するが、中でも成膜技術は半導体デバイスが高密度化、多層化及び高集積化するに伴ってその仕様が年々厳しくなっており、例えばデバイス中のキャパシタの絶縁膜やゲート絶縁膜のように非常に薄い酸化膜などに対しても更なる薄膜化が要求され、これと同時に更に高い絶縁性が要求されている。

【0003】これらの絶縁膜としては、シリコン酸化膜やシリコンナイトライド膜等を用いることができるが、最近にあっては、より絶縁特性の良好な材料として、金属酸化膜、例えば酸化タンタル(Ta_2O_5)等が用いられる傾向にある。この金属酸化膜は、薄くても信頼性の高い絶縁性を発揮するが、この金属酸化膜の成膜後に、この表面の改質処理を施すことにより、更に絶縁性を向上させることができることが発見され、特開平2-283022号公報にその技術が開示されている。

【0004】この金属酸化膜を形成するには、例えば酸化タンタルを形成する場合を例にとって説明すると、上記公報に開示されているように成膜用の原料として、タンタルの有機化合物である金属アルコキシド($Ta(OC_2H_5)_5$)を用い、これを窒素ガス等でパブリングしながら供給して半導体ウエハを例えば400℃程度のプロセス温度に維持し、真空雰囲気下でCVD(Chemical Vapor Deposition)により酸化タンタル膜(Ta_2O_5)を積層させている。そして、必要に応じて更なる絶縁特性の向上を図る場合には、この半導体ウエハを、オゾンを含む雰囲気中に搬入し、大気圧下でこれに水銀ランプから紫外線を照射することにより活性酸素原子を発生させ、この活性酸素原子を用いて上記金属酸化膜中に含まれるC-C結合等の有機不純物を分解して脱離することによって上記酸化タンタル膜を改質し、これにより一層、特性の良好な絶縁膜を得ている。

【0005】例えば図7は絶縁膜の金属酸化膜として金属タンタルを成膜する従来方法の一例を示しており、まず、成膜装置内において金属酸化膜原料として有機化合物である気化状態の金属アルコキシドと気化状態のアルコールを供給してこの真空雰囲気中にて半導体ウエハWを成膜処理することにより金属酸化膜として所定の厚みの酸化タンタル層(Ta_2O_5)2を成膜する。この時のプロセス温度は、例えば400℃程度で行なう。

【0006】次に、このウエハを改質装置に搬送して図7(B)に示すように、オゾン(O_3)の雰囲気下にお

いて紫外線ランプによりウエハ表面に紫外線UVを照射することにより、酸化タンタル層2中に含まれる有機不純物のC-C結合や hidrocarbon等を紫外線のエネルギーや活性酸素原子により切断してこれを脱離させ、酸化タンタル層の改質を行なう。この改質処理のプロセス温度は、酸化タンタルの非晶質状態（アモルファス状態）を維持するようにこの結晶化温度以下の温度、例えば425℃程度で行なう。このように改質処理が終了したならば、次にこのウエハを熱処理装置に搬送し、酸素ガスの存在下において酸化タンタル層2の結晶化温度以上、例えば700℃に加熱し、この酸化タンタル層2を結晶化させる。この結晶化アニールにより、酸化タンタル層2は分子レベルで緻密化されて、且つ面内膜厚も均一化させることができ、絶縁特性の良好な絶縁膜を得ることが可能となる。

【0007】ところで、上記改質処理時における有機不純物の脱離は、紫外線の金属酸化膜の厚さ方向への透過量やオゾンの浸入の程度を考慮すると、金属酸化膜が薄い程、効果的に改質を行なうことができるので、成膜処理と改質処理を2回繰り返して行なって、最後に結晶化処理を行うことによって、個々の改質処理を効果的に行ない、これにより更に絶縁性を向上させるようにした技術が、例えば特開平9-121035号公報に開示されている。図8はこの時の従来の成膜方法の一例を示している。まず、図8（A）に示すように成膜温度を略400℃とし、金属アルコキシドとアルコール雰囲気存在下にて図7（A）で示したと同様に酸化タンタル2Aを成膜し、次に、図8（B）に示すようにオゾンの存在下にて紫外線UVを照射することにより酸化タンタル層2Aの改質を行なう。次に、図8（C）に示すように図8（A）と同様なプロセス条件で2層目の酸化タンタル層2Bを成膜し、次に、図8（D）に示すように図8（B）と同様なプロセス条件で2層目の酸化タンタル層2Bの改質を行なう。

【0008】この時、1層目と2層目の酸化タンタル層2A、2Bの厚みの合計が図7中の酸化タンタル層2の略厚みと同じになるようにそれぞれの膜厚が設定されるので、各酸化タンタル層2A、2Bの厚みは、図7に示す酸化タンタル層2の厚みよりも薄くなる。その結果、膜厚が薄くなった分だけ個々の改質処理時において効果的に有機不純物を脱離させることができるので、酸化タンタル層2A、2Bの絶縁性を一層、向上させることが可能となる。そして、改質処理されたウエハは、図8（E）に示すように、先の図7（C）にて説明したと同様なプロセス条件で熱処理を行ない、ここで1層目と2層目の酸化タンタル層2A、2Bを同時に結晶化処理する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般的に所定の一連のプロセスを行なって一定の結果物を得る場合

には、当然のこととして工程数が少ない方が製品コストも削減できるし、また、工程が少なくなった分だけ設備コストを削減したり、スループットも向上させることが可能となる。しかるに、上述したような従来の成膜方法にあっては、図7（B）と図7（C）の各工程及び図8（D）と図8（E）の各工程のようにならかなり類似する工程同士でも別の熱処理装置で行なうようにしていることから、全体の工程数が多くなり、製品コストの上昇やスループットの低下をもたらす結果となっていた。本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、改質処理と結晶化処理を同一チャンバ内で連続的に行なうことができる金属酸化膜の形成方法及び成膜処理システムを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に規定する発明は、少なくとも一つの成膜装置と、熱処理装置と、この成膜装置と熱処理装置との間で被処理体を真空雰囲気下で搬送可能に構成された搬送装置とを備えた処理システムにおいて、被処理体に金属酸化膜を形成する方法であって、所定の真空雰囲気下の前記成膜装置内で被処理体上に金属酸化膜を成膜する工程と、所定の真空雰囲気下の前記熱処理装置内で前記成膜された金属酸化膜に熱処理する工程と、を備えたことを特徴とする金属酸化膜の形成方法である。

【0011】これにより、成膜装置内で金属酸化膜の成膜後に、熱処理装置内で上記金属酸化膜を熱処理する工程として、直接、活性酸素雰囲気下にて結晶化工程を行なうようにしたので、例えばここで最上層に形成されている金属酸化膜の改質処理を行ないつつ、金属酸化膜全体の結晶化処理を同一チャンバ内で連続的に行なうことができる。従って、従来方法の工程数と比較して1工程だけ少なくすることが可能となる。例えば請求項2に規定するように、前記熱処理工程は、第1の温度で熱処理する第1熱処理工程と、更に第1の温度よりも高い第2の温度で熱処理する第2熱処理工程と、を備えている。請求項3に規定する発明は、少なくとも一つの成膜装置と、第1の熱処理装置と、第2の熱処理装置と、被処理体を真空雰囲気下で、前記いずれかの装置間を搬送可能に構成された搬送装置と、を備えた処理システムにおいて、被処理体に金属酸化膜を形成する方法であって、所定の真空雰囲気下の前記成膜装置内で被処理体上に金属酸化膜を成膜する工程と、所定の真空雰囲気下の前記第1の熱処理装置内で前記成膜された金属酸化膜に第1の温度で熱処理する第1熱処理工程と、前記第2の熱処理装置内で前記成膜された金属酸化膜に第1の温度よりも高い第2の温度で熱処理する第2熱処理工程と、を備えたことを特徴とする金属酸化膜の形成方法である。請求項4に規定する発明は、少なくとも一つの成膜装置と、この成膜装置と熱処理装置との間で被処理体を真空雰囲気

気下で搬送可能に構成された搬送装置とを備えた処理システムにおいて、被処理体に金属酸化膜を形成する方法であって、所定の真空雰囲気下の前記成膜装置内で被処理体上に第1の金属酸化膜を成膜する工程と、所定の真空雰囲気下の前記熱処理装置内で前記成膜された第1の金属酸化膜に熱処理する第1熱処理工程と、所定の真空雰囲気下の前記成膜装置内で前記第1の金属酸化膜上に第2の金属酸化膜を成膜する工程と、所定の真空雰囲気下の前記熱処理装置内で前記成膜された第1及び/又は第2の金属酸化膜に熱処理する第2熱処理工程と、を備えたことを特徴とする金属酸化膜の形成方法である。

【0012】これによれば、全体で第1の金属酸化膜と第2の金属酸化膜の2層の金属酸化膜が形成されることになり、第2熱処理工程としての最後の結晶化工程において、例えば最上層の金属酸化膜の改質処理と2層全体の金属酸化膜の結晶化処理が連続的に行なわれることになり、この場合にも、従来方法の工程数と比較して1工程だけ少なくすることが可能となる。また、例えば請求項5に規定するように、前記第1の金属酸化膜の厚み t_1 と、前記第2の金属酸化膜 t_2 との関係が、 $t_1 > t_2$ である。請求項6に規定する発明は、前記第1熱処理工程或いは/及び第2熱処理工程では前記被処理体の表面に紫外線を照射するものである。これによれば、紫外線によるエネルギーも加わるので、金属酸化膜からの有機不純物の脱離を促進させることができ、効率的に処理を行なうことができる。

【0013】請求項7に規定する発明は、前記第2熱処理工程は、前記第1熱処理工程と略同じ温度で所定時間熱処理した後、更に高い温度で所定時間熱処理を行なうようにしたものである。これによれば、結晶化温度以上に加熱されている熱処理装置内へ被処理体を導入する場合と異なり、金属酸化膜が結晶化温度に達するまでにある程度の時間を要して、この間に有機不純物の脱離を効果的に行なうことができる。金属酸化膜原料としては、金属アルコキシドが用いられ、金属酸化膜としては例えば酸化タンタル層を形成する。また、活性酸素原子としては、オゾンを用いることができる。更に、金属酸化膜として酸化タンタルを適用する場合には、改質工程のプロセス温度は、例えば600℃以下であり、結晶化工程の最終プロセス温度は700℃以上である。

【0014】また、上記成膜方法を実施するためには、被処理体に所定の真空雰囲気下で金属酸化膜を成膜可能に構成された、少なくとも一つの成膜装置と、前記成膜装置で成膜された金属酸化膜に対し、所定の真空雰囲気下で、第1の温度にて熱処理可能に構成された第1の熱処理装置と、更に、前記金属酸化膜に対し、所定の真空雰囲気下で、第1の温度よりも高い第2の温度にて熱処理可能に構成された第2の熱処理装置と、前記いずれかの装置間において、前記被処理体を所定の真空雰囲気下で搬送可能に構成された搬送装置と、を備えたことを特

徴とする金属酸化膜の成膜処理システムを用いることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に本発明に係る金属酸化膜の成膜方法及び成膜処理システムの一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図1は本発明に係る成膜処理システムを示す概略斜視図である。図示するように、本発明の成膜処理システムとしてのこのクラスタツール装置3は、被処理体、例えば半導体ウエハWに対して気化状態の金属酸化膜原料と酸化性ガスの存在下の真空雰囲気中にて非晶質状態の金属酸化膜を形成する2台の成膜装置4、6と、この金属酸化膜を真空雰囲気下において活性酸素原子に晒すことによって改質する第1の熱処理装置としての改質装置8と、活性酸素雰囲気下においてウエハを上記金属酸化膜の結晶化温度以上に加熱することによって、これを結晶化させる第2の熱処理装置としての結晶化熱処理装置10と、これらの各装置4、6、8、10間と共通に連結されて、真空状態を維持しつつ、各装置間にウエハを移載する搬送装置としての共通搬送装置1とにより主に構成されている。更に、ここでは、ウエハの搬入・搬出効率を向上させるために、複数の半導体ウエハを収容可能なカセットCを収容して真空引き可能になされて上記共通搬送装置1に連結されたカセット収容室14A、14Bを有しており、いわゆるクラスタツール化されている。

【0016】共通搬送装置1の一側には、それぞれゲートバルブG1、G2を介して第1のカセット収容室14A及び第2のカセット収容室14Bがそれぞれ接続されている。これらの両カセット収容室14A、14Bは、この装置全体のウエハ搬出入ポートを構成するものであり、それぞれ昇降及び旋回自在なカセットステージ（図示せず）を備えている。共通搬送装置1及び両カセット収容室14A、14Bは、それぞれ気密構造に構成され、両カセット収容室14A、14Bには、外部の作業室雰囲気との間を開閉して大気開放可能にそれぞれゲートドアG3、G4が設けられ、開放されたゲートドアG3、G4を介してカセットCが搬出入される。

【0017】共通搬送装置1内の移載用アーム機構16は、屈伸及び旋回可能になされた多関節アームよりなり、両カセット収容室14A、14Bと各成膜装置4、6、改質装置8及び結晶化熱処理装置10との間でウエハを移載するものである。そして、この共通搬送装置1には、ゲートバルブG5、G6、G7、G8を介してそれぞれ成膜装置4、改質装置8、結晶化熱処理装置10及び成膜装置6が連結されている。以上説明した上記各装置4、6、8、10、12及びカセット収容室14A、14Bには、内部に不活性ガス、例えばN₂ガスをパージするN₂ガス供給系（図示せず）及び内部の雰囲気を真空引きするための真空排気系（図示せず）がそれぞれ接続されており、独立して制御可能になされてい

る。

【0018】上記成膜装置4や改質装置8は、本発明者が先の出願（特開平10-79377号公報）にて開示したものをを用いればよく、また、結晶化熱処理装置10は結晶化処理が改質処理と温度領域が異なるだけなので、改質装置と略同じものをを用いればよい。上記各成膜装置4、6は、ウエハ表面に非晶質状態の金属酸化膜として、例えば酸化タンタル（ Ta_2O_5 ）層をCVDにより成膜するものであり、金属酸化膜原料として有機化合物である液状の金属アルコキシド、例えば $Ta(OC_2H_5)_5$ を例えばHeガスでバブリングして供給し、この供給ガスと酸化性ガスである O_2 等との混合ガス雰囲気下にてCVD成膜反応を行なう。尚、同じ構造の成膜装置を2台設けた理由は、スループットを向上させるためである。また、酸化性ガスとしては、 O_2 の他に、 O_3 、 N_2O 、 NO 、気化状態のアルコール等を用いることができる。

【0019】改質装置8は、加熱ヒータ内蔵の載置台上に設置したウエハ表面を活性酸素原子に晒し、ウエハ表面に形成されている金属酸化膜を改質する第1熱処理工程を行なう。活性酸素原子としてはオゾン（ O_3 ）を外より導入したり、内部で発生させたりすればよいし、また、 N_2O ガスを用いて活性酸素原子を発生させてもよい。この場合、装置の天井部などに紫外線照射手段18を設けており、この紫外線エネルギーも利用して金属酸化膜中に存在するC-C結合やヒドロカーボン等の有機不純物を分解し、これを脱離させる。この改質処理は、後述するように、有機不純物の脱離を完全ならしめるために金属酸化膜の結晶化温度以下の温度で行なう。

【0020】結晶化熱処理装置10は、上記改質装置8と類似した構造のものであり、必要に応じて紫外線照射手段8を設けるようにしてもよく、設けないようにしてもよい。ここでは、活性酸素原子の存在下においてウエハを金属酸化膜の結晶化温度以下から結晶化温度以上まで昇温することにより、ウエハの最上層に形成されている金属酸化膜の改質処理とウエハに成膜された全ての金属酸化膜の結晶化処理とを略同時に行なう第2熱処理工程を実施するものである。ウエハを結晶化温度以上の高い温度まで昇温するので、上記改質装置8よりは強力な加熱ヒータを用いるのがよい。また、活性酸素原子としてはオゾン（ O_3 ）を外より導入したり、内部で発生させたりすればよい。

【0021】次に、以上のように構成されたクラスタツール装置を用いて行なわれる本発明の成膜方法について説明する。ここでは、絶縁膜として薄い金属酸化膜を2回（2層）成膜する場合を例にとって説明する。まず、半導体ウエハWの全体的な流れについて説明する。ウエハのサイズは、例えば8インチのものをを用い、未処理のウエハWを例えば25枚収容したカセットCを第1のカセット収容室14A内のカセットステージ（図示せず）

上に載置し、続いてゲートドアG3を閉じてこの室内を N_2 ガスの不活性ガス雰囲気にすると共に、この収容室14内を真空引きする。

【0022】次に、ゲートバルブG1を開き、カセット収容室14A内を予め真空引きされて不活性ガス雰囲気になされた共通搬送装置1内と連通し、この装置1内の移載用アーム機構16を用いてウエハWを搬入する。次に、ゲートバルブG5を介して、このウエハWを予め真空引きされている一方の成膜装置4内へ搬入し、ここで金属酸化膜として例えば酸化タンタル（ Ta_2O_5 ）層を成膜する。このように第1の金属酸化膜形成工程を終了したならば、このウエハWを真空状態に維持されている共通搬送装置1内に移載用アーム機構16を用いて取り出し、次に、開かれたゲートバルブG6を介してこのウエハWを予め真空状態になされている改質装置8内へ搬入し、ここで、紫外線照射手段18から発せられる紫外線やオゾンを用いてウエハ表面の上記酸化タンタル層に含まれるヒドロカーボンやC-C結合などの有機不純物を脱離させ、改質処理（第1熱処理工程）を行なう。このように改質処理が終了したならば、このウエハWを真空状態に維持されている共通搬送装置1内に移載用アーム機構16を用いて取り出し、次に、開かれたゲートバルブG8を介してこのウエハWを予め真空状態に維持されている第2の成膜装置6内へ搬入し、ここで先の第1の成膜装置4内での成膜処理と同じ条件で、第2層目の酸化タンタル層の成膜処理を行なう。

【0023】このように第2の金属酸化膜成膜工程を終了したならば、このウエハWを真空状態に維持されている共通搬送装置1内に移載用アーム機構16を用いて取り出し、次に開かれたゲートバルブG7を介してこのウエハWを予め真空状態になされている結晶化熱処理装置10内へ搬入する。そして、ここでオゾンの雰囲気下においてウエハWを、金属酸化膜、すなわちここでは酸化タンタル層の結晶化温度以上まで昇温した後、直ちに降温させることにより、2層目である最上層の酸化タンタル層の改質処理を行なうと略同時に、1層目及び2層目の両酸化タンタル層を結晶化する（第2熱処理工程）。このように、結晶化工程を終了したならば、この処理済みのウエハWを共通搬送装置1内に取り出し、そして、これを第2のカセット収容室14B内のカセットC内に収容することになる。

【0024】次に、上記各工程について図2を参照して説明する。まず、図2（A）に示すように第1の成膜装置4内でウエハW上に金属酸化膜として第1の酸化タンタル層20を所定の厚みで形成する。この時の原料ガスは液状の金属アルコキシドである $Ta(OC_2H_5)_5$ をHeガスでバブリングすることにより供給し、これと同時に O_2 などの酸化性ガスを供給する。金属アルコキシドの供給量は、成膜レートにもよるが、例えば数 mg/mi n程度である。成膜のプロセス圧力は0.2～

0.3 Torr 程度、プロセス温度は250~450℃の範囲内、例えば400℃に設定し、例えば厚さ t_1 が45~50 Å程度の酸化タンタル層20を成膜する。この場合、原料として有機物を使用しているため酸化タンタル層20中に有機不純物が混入することは避けられず、また、酸化タンタル層20は、非晶質状態となっており、これにより第1の金属酸化膜形成工程を終了する。

【0025】次に、このウエハWに対して改質装置8内にて改質処理を施す。この改質工程においては、図2

(B)に示すように活性酸素原子として例えばオゾンを提供し、更に紫外線照射手段18から多量の紫外線を照射する。これにより、オゾンは紫外線の照射により励起されて更に、多量の活性酸素原子を発生し、これがウエハ表面に形成されている第1層目の酸化タンタル層20中の有機不純物を酸化し、これと同時に、紫外線のエネルギーにより有機不純物のC-C結合等を切断して分解させ、この結果、有機不純物を略完全に脱離させることができる。この時、紫外線としては波長が185 nm、254 nmを主体とする紫外線を多量に照射し、プロセス圧力は1~600 Torr 程度の範囲内、プロセス温度は酸化タンタル層20の結晶化温度である600℃以下とし、例えば320~600℃の範囲内の425℃程度に設定する。プロセス温度が320℃より小さな場合は、絶縁耐圧が十分でなく、600℃を越えると結晶化が始まって十分な改質を行なうことができない。また、改質時間は膜厚にもよるが、10分以上行なうのが好ましい。

【0026】尚、酸化タンタル層20の厚さ t_1 が上記した厚みよりも薄い場合には、紫外線照射を行なうことなくオゾンのみで供給で改質処理を行なってもよい。このようにして改質工程が終了したならば、第2の金属酸化膜形成工程へ移行し、第2の成膜装置6内にてこのウエハWに対して第2の成膜処理を施す。この成膜工程においては、図2(C)に示すように金属酸化膜として非晶質状態の第2層目の酸化タンタル層22を成膜する。この時の成膜条件は、先に行われた第1の金属酸化膜形成工程の場合と、原料ガス、その流量、プロセス圧力、プロセス温度等は全く同じに設定し、また、膜厚 t_2 も t_1 と同じ、例えば35~50 Å程度に設定する。このようにして第2の金属酸化膜工程が終了したならば、ウエハWを結晶化熱処理装置10へ搬入し、結晶化工程へ移行する。

【0027】この結晶化工程においては、図2(D)に示すように活性酸素原子として先の改質工程と同様に例えばオゾンを提供し、プロセス圧力を1~600 Torr 程度の範囲内に設定する。また、最終的なプロセス温度は金属酸化膜である酸化タンタル層の結晶化温度以上、すなわち700℃以上になるように設定する。すなわち、ウエハWの搬入時には、装置10内の温度を酸化

タンタル層の結晶化温度(600℃)以下の改質温度に設定しておき、ウエハ搬入後、所定の時間だけこの改質温度を維持し、その後、これを急速に昇温して結晶化温度である700℃以上まで昇温する。

【0028】これにより、最上層の金属酸化膜である第2の酸化タンタル層22は結晶化温度まで達する間に改質処理され、結晶化温度である700℃以上に達すると全ての酸化タンタル層、すなわち第1及び第2の酸化タンタル層20、22が共に結晶化されることになる。すなわち、この工程では、同一チャンバ内で最上層の金属酸化膜22の改質処理と全ての金属酸化膜20、22の結晶化処理を連続的に行うことが可能となる。この時のプロセス温度を図3を参照して更に詳しく説明すると、ウエハWの温度及び結晶化熱処理装置10内の温度が共に450℃程度の状態でウエハWをこの処理装置10内へ搬入すると、この温度状態を所定の時間、例えば2分程度維持して改質処理を行い、その後、直ちにこの装置内の加熱ヒータへの供給電力を増加してウエハWの温度を急激に上昇して、700℃以上、例えば750℃まで昇温する。この時、昇温速度は、例えば100℃/secである。

【0029】この時、600℃程度までの昇温の間は最上層の酸化タンタル層22に対して改質処理が施されることになる。そして、700℃を越えた温度領域では、全ての酸化タンタル層20、22の結晶化処理が行なわれることになる。尚、酸化タンタル層の改質温度の上限600℃と結晶化温度の700℃の間には100℃程度の幅が存在するが、この理由は結晶化はある一定の温度を境として瞬時に生ずるのではなく、一定の温度幅を持って徐々に進行して行くからである。従って、この600~700℃の間は、酸化タンタル層22の改質も行なわれると同時に、結晶化も徐々に開始されて、両処理が同時並行で進んで行くことになる。この場合、酸化タンタル層22の改質の時間 T_1 は、この層の厚さにもよるが、例えば厚みが45 Å程度の時には120 sec 程度に設定する。これに対して、結晶化現象は略瞬時に生ずるので、温度700℃以上の時間 T_2 の長さは例えば60 sec 程度に設定すればよい。また、結晶化温度は700~800℃の範囲が好ましく、800℃よりも高いと、酸化タンタル層の下地がより酸化されて、実効的な膜厚が増加しやすい。また、半導体デバイスへの熱的な影響が大きく、特性が劣化する、という不都合が生ずる。処理後のウエハは、結晶化装置10内に N_2 ガスバージを行うと同時に、425℃程度まで降温し、圧力調整した後にこの装置10から搬出される。

【0030】上記実施例では、図2(D)に示す結晶化工程においては、オゾンのみを用いて紫外線を照射しなかったが、この場合には、図2(B)に示す工程と同様に紫外線UVを照射するようにして改質処理を促進させるようにしてもよい。紫外線UVの照射を加えれば、最

上層の酸化タンタル層 22 の改質処理を一層促進させることができるので、図 3 中の改質時間 T1 を短くできる。また、この図 2 (D) にて示した結晶化処理は、図 1 にて示した結晶化熱処理装置 10 ではなく、改質装置 8 内でも行なうことができ、この時には紫外線照射手段 18 のオン・オフを適宜に切り換えて使用すればよい。従って、図 2 に示すような一連の処理は、スループット等の作業性をあまり重視しなければ、成膜装置 4 と改質装置 8 とで行なうことも可能である。図 4 は、上記したような本発明方法で作製した酸化タンタル層 20、22 の絶縁膜と従来方法で作製した酸化タンタル層の絶縁膜の絶縁性を評価したグラフである。図中、直線 A は従来方法で作製した絶縁膜の特性を示し、直線 B は結晶化熱処理装置 10 内で紫外線なしでオゾンのみによって行った本発明方法で作製した絶縁膜の特性を示し、直線 C は結晶化熱処理装置 10 内で紫外線とオゾンを用いて行った本発明方法の変形例で作製した絶縁膜の特性を示す。これによれば、従来方法の絶縁膜も本発明方法の絶縁膜も略同じ絶縁耐圧特性を有しており、この結果、本発明方法のように従来方法に対して工程数を 1 つ減少させても従来と同様の特性を示すことが判明した。また、直線 C で示す本発明の変形例のように、オゾンと紫外線の双方を用いることにより、絶縁耐圧特性を一層向上させることができることが判明した。

【0031】また、図 2 に示す実施例では、両酸化タンタル層 20、22 の厚みを共に略 45～50 Å 程度の同じ膜厚に設定した場合を例にとって説明したが、図 5 に示すように下層の第 1 の酸化タンタル層 20 の厚み t1 を少し厚く、例えば 55～60 Å 程度に設定し、逆に上層の第 2 の酸化タンタル層 22 の厚み t2 を少し薄く、例えば 25～40 Å 程度に設定するようにしてもよい。この場合には、第 2 の酸化タンタル層 22 の膜厚が少し薄くなった分だけ改質が迅速に行なうことができるので、図 5 (D) に示す結晶化工程においては、特に紫外線を用いることなくオゾンのみでの処理により薄い最上層の酸化タンタル層 22 を十分に、且つ短時間で改質することが可能となる。すなわち、図 3 中の改質時間 T1 をより短くすることができる。

【0032】また、ここでは酸化タンタル層が 2 層構造の場合を例にとって説明したが、図 6 に示すように酸化タンタル層 24 を一層構造としてもよい。この場合には、図 6 (A) に示すような所定の厚みの酸化タンタル層 24 の成膜後、図 6 (B) に示すように結晶化工程に移行して、図 2 (D) にて説明したように酸化タンタル層 24 の改質処理と結晶化処理を略同時に行なう。この場合にも、酸化タンタル層 24 の厚みに依存して、オゾンのみを利用して処理を行なうか、或いはオゾンに紫外線照射を加えて処理を行なうかを選択すればよい。この場合にも、図 7 の従来方法と比較して、絶縁耐圧特性を

同等に維持しつつ、工程数を 3 工程から 2 工程へ減少させることができる。尚、上記実施例では、金属酸化膜として酸化タンタル層を成膜する場合を例にとって説明したが、これに限定されず、酸化チタン層、酸化ジルコニウム層、酸化バリウム層、酸化ストロンチウム層を成膜する場合にも適用し得るのは勿論である。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の金属酸化膜の形成方法及び成膜処理システムによれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。形成すべき金属酸化膜が 1 層構造の場合には、結晶化工程を行なう時に改質処理と結晶化処理とを同一チャンバ内で連続的に行なうようにしたので、絶縁特性を高く維持したまま全体の工程数を削減することができる。また、形成すべき金属酸化膜が 2 層構造の場合には、最上層の金属酸化膜の改質処理と、第 1 層目及び第 2 層目の全ての金属酸化膜の結晶化処理を同一チャンバ内で連続的に行なうようにしたので、絶縁特性を高くしたまま全体の工程数を削減することができる。特に、改質処理時や結晶化処理時に紫外線を照射することにより、表面の金属酸化膜の改質を迅速に行なうことができる。以上の結果、製品コストを削除でき、スループットも向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るクラスタツール装置を示す概略斜視図である。

【図 2】本発明方法を説明するための工程図である。

【図 3】金属酸化膜の結晶化工程における温度変化を示すグラフである。

【図 4】酸化タンタル層の絶縁耐圧特性を示すグラフである。

【図 5】本発明方法の他の実施例を説明するための工程図である。

【図 6】本発明方法の更に他の実施例を説明するための工程図である。

【図 7】絶縁膜の金属酸化膜として金属タンタルを成膜する従来方法の一例を示す図である。

【図 8】絶縁膜の金属酸化膜として金属タンタルを成膜する従来方法の他の一例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 共通搬送装置
- 3 クラスタツール装置 (成膜処理システム)
- 4、6 成膜装置
- 8 改質装置 (第 1 の熱処理装置)
- 10 結晶化熱処理装置 (第 2 の熱処理装置)
- 14A、14B カセット収容室
- 20、22、24 酸化タンタル層 (金属酸化膜)
- W 半導体ウエハ (被処理体)

フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 AA11 AA14 BA01 BA17 BA42
BB05 CA04 CA12
5F045 AA06 AB31 AC07 AD06 AD07
AD08 AE19 AF07 BB08 CA05
DQ10 DQ17 EN04 HA16 HA25
5F058 BA11 BC03 BF04 BH01 BH02
BH03 BH07 BH17